

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2001-189359

(43)Date of publication of application : 10.07.2001

(51)Int.Cl.

H01L 21/66
G01B 11/24
G01N 21/956

(21)Application number : 2000-000139

(71)Applicant : TOSHIBA CORP

(22)Date of filing : 04.01.2000

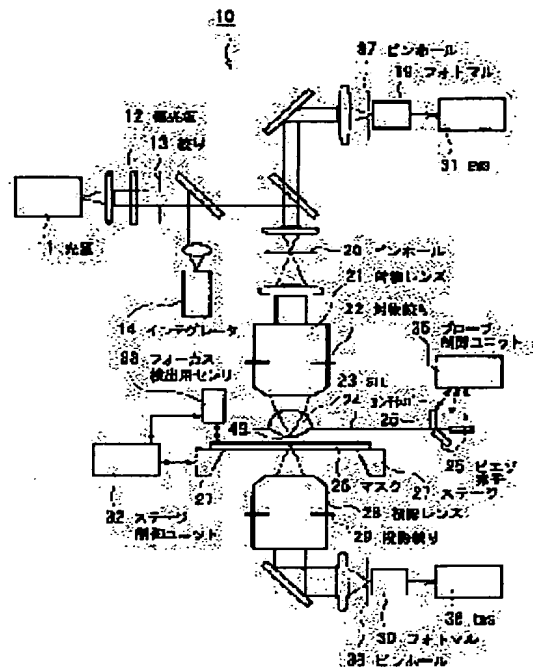
(72)Inventor : KANAI HIDEKI

(54) PATTERN INSPECTION APPARATUS

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a pattern inspection device which is capable of clearly observing fine patterns.

SOLUTION: A pattern check device is equipped with at least a light source 11, a lens 23 which has a higher refractive index than that of air and is arranged on the optical path of inspecting light emitted from the light source 11, a condensing means which concentrates checking light on the main surface 49 of the lens 23 located on a check target subject (e.g. mask or the like) 26 side, a lens-holding means which holds the lens 23 so as to keep the distance between the lens 23 and the mask 26 equal to a certain value, at which photon tunnel effect is induced, and a measuring means which measures the intensity of checking light after the mask is irradiated with the light.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C): 1998,2003 Japan Patent Office

BEST AVAILABLE COPY

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2001-189359

(P2001-189359A)

(43) 公開日 平成13年7月10日 (2001.7.10)

(51) Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	テマコード [*] (参考)
H 0 1 L 21/66		H 0 1 L 21/66	J 2 F 0 6 5
G 0 1 B 11/24		G 0 1 N 21/956	A 2 G 0 5 1
G 0 1 N 21/956		G 0 1 B 11/24	A 4 M 1 0 6

審査請求 未請求 請求項の数11 O L (全 10 頁)

(21) 出願番号 特願2000-139 (P2000-139)

(22) 出願日 平成12年1月4日 (2000.1.4)

(71) 出願人 000003078

株式会社東芝

神奈川県川崎市幸区堀川町72番地

(72) 発明者 金井 秀樹

神奈川県川崎市幸区小向東芝町1番地 株式会社東芝マイクロエレクトロニクスセンター内

(74) 代理人 100083806

弁理士 三好 秀和 (外7名)

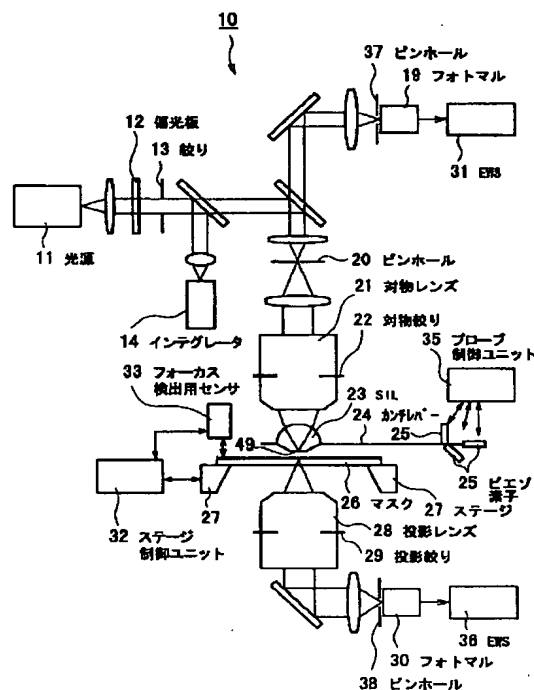
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 パターン検査装置

(57) 【要約】

【課題】 微細なパターンを明瞭に観察することができるパターン検査装置を提供する。

【解決手段】 光源11と、光源11から放出される検査光の光路上に配置され、空気よりも高い屈折率を有するレンズ23と、レンズ23の検査対象物（例えば、マスクなど）26側の主面49上に検査光を集光させる集光手段と、主面49とマスク26の距離をフォントントネル効果が生じる距離に保持するレンズ保持手段と、マスク26に照射された後の検査光の強度の測定手段とを少なくとも有する。



【特許請求の範囲】**【請求項1】** 光源と、

前記光源から放出される検査光の光路上に配置され、空気よりも高い屈折率を有する透明部材と、
前記光源と前記透明部材との間の光路上に配置され、前記透明部材の検査対象物側の主面上に前記検査光を集光させる集光手段と、
前記透明部材の検査対象物側の主面と前記検査対象物の距離をフォトントンネル効果が生じる距離に前記透明部材を保持する透明部材保持手段と、
前記検査対象物に照射された後の前記検査光の強度を測定する測定手段とを有することを特徴とするパターン検査装置。

【請求項2】 前記透明部材保持手段は、

前記透明部材を支持するカンチレバーと、
前記カンチレバーを3次元方向に独立に移動させる複数のピエゾ素子と、
前記複数のピエゾ素子を制御するプローブ制御ユニットと
を有することを特徴とする請求項1記載のパターン検査装置。

【請求項3】 前記測定手段は、

前記検査対象物からの反射光を導く第1の光学系と、
前記反射光の強度を測定する第1の光検出器と、
前記第1の光検出器で測定された前記反射光の強度を複数の色調からなる光強度データに変換する第1の処理演算部とを有することを特徴とする請求項1または2記載のパターン検査装置。

【請求項4】 前記測定手段は、

前記検査対象物からの透過光を導く第2の光学系と、
前記透過光の強度を測定する第2の光検出器と、
前記第2の光検出器で測定された前記透過光の強度を複数の色調からなる光強度データに変換する第2の処理演算部とを有することを特徴とする請求項1または2記載のパターン検査装置。

【請求項5】 前記第1の光検出器までの前記第1の光学系に配置されたピンホールをさらに有することを特徴とする請求項3記載のパターン検査装置。

【請求項6】 前記第2の光検出器までの前記第2の光学系に配置されたピンホールをさらに有することを特徴とする請求項4記載のパターン検査装置。

【請求項7】 前記透明部材の表面のうち、前記検査光の光路上にない領域に該検査光に対して透明でない第1の遮光膜を配置したことを特徴とする請求項1乃至6いずれか1記載のパターン検査装置。

【請求項8】 前記透明部材と、前記集光手段と、前記透明部材保持手段と、前記測定手段とからなる光学系を2つ以上有することを特徴とする請求項1乃至7いずれか1記載のパターン検査装置。

【請求項9】 前記集光手段は、前記主面に集光する総

ての前記検査光を全反射角以上の角度で集光させることを特徴とする請求項1乃至8いずれか1記載のパターン検査装置。

【請求項10】 前記集光手段は、前記光源と前記透明部材間の光路上に配置され、全反射角以下の角度で集光する前記検査光を遮る遮光部を有する絞りをさらに有することを特徴とする請求項9記載のパターン検査装置。

【請求項11】 前記集光手段は、前記光源と前記透明部材間の光路上に配置され、入射する前記検査光を分散させる回折格子をさらに有することを特徴とする請求項9記載のパターン検査装置。

【発明の詳細な説明】**【0001】**

【発明の属する技術分野】 本発明はパターン検査装置に関わり、特に、半導体集積回路の製造に用いられるマスクパターン、半導体チップ上の回路パターンなどの微細パターンの検査装置に係わる。さらに、高屈折率の透明部材を用いてフォトントンネル効果による高い分解能な光学系を実現するパターン検査装置に係わる。

【0002】

【従来の技術】 半導体装置の製造においては、半導体集積回路の高集積化、微細化が進められている。フォトリソグラフィ技術において、より微細なパターンの転写が要求され、パターンの転写精度の向上が追求されている。しかし、素子サイズは転写に用いられる光の波長以下となり、既存の光源を用いて転写精度を向上させることは限界に近づきつつある。

【0003】 パターンの原版となるフォトマスクについても、パターン形状の誤差を高精度で制御し、且つ微小なマスク欠陥までも保証することが必要である。マスク欠陥は、転写されたパターン形状の異常を引き起こすため、高精度なパターン転写を行うためには従来から無欠陥マスクの製造が必須条件であった。特にパターンの線幅の誤差はマスク欠陥であると同時に、ウェハ上のパターン寸法の変動を引き起こす。マスク欠陥を高い精度で保証するためには、フォトマスク上の微小な欠陥を検出するための検査手段が必要である。

【0004】 マスク欠陥の有無を検査する方法に、マスク上に存在する同一のパターン群であるダイ(Die)に検査光を照射し、異なるダイ間でパターンの投影像を比較して異なる部分をマスク欠陥として検出するダイ・ツー・ダイ(Die To Die)方式がある。また、マスク上のパターンの投影像と設計パターンから所定の演算を経て発生させたりファレンスパターンの投影像とを比較するダイ・ツー・データベース(Die To Database)方式もある。さらに、メモリデバイスのように同一のセルパターンが繰り返し存在する場合には、隣接するもしくは1つおきにある同一のセルの投影像を比較するセル比較方式あるいはアレイモード方式がある。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】しかし、上述のように、パターンの微細化に伴い、保証する必要がある欠陥サイズもより小さく、厳しくなっている。ウェハ上の所望の線幅が100nmの場合、マスク上で100nmの微小な欠陥を検出する必要がある。この欠陥サイズは現在最新の欠陥検査装置で使用する検査光の波長である365nm以下である。また、パターンの微細化によりパターンのコーナー部分で形状が丸く転写される光近接効果が顕在化してきた。光近接効果を補正するために補助的なパターンを付加するOPC技術が必須となっている。特に、セリフ、ハンマーヘッドと呼ばれるOPCパターンはマスク上で、200nm程度に微細である。

【0006】これら微細なパターンは従来の欠陥検査装置の光学系を用いて明瞭に観察できない。したがって、欠陥と本来のパターンとを区別することが困難であり、すなわち欠陥を検出することが困難である。

【0007】本発明はこのような従来技術の問題点を解決するために成されたものであり、その目的は、微細なパターンを明瞭に観察することができるパターン検査装置を提供することである。

【0008】本発明の他の目的は、欠陥と本来のパターンとを区別することができるパターン検査装置を提供することである。

【0009】本発明のさらに他の目的は、従来の光学系を用いてパターン分解能のより高いパターン検査が可能なパターン検査装置を提供することである。

【0010】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するため、本発明の特徴は、光源と、光源から放出される検査光の光路上に配置され、空気よりも高い屈折率を有する透明部材と、光源と透明部材との間の光路上に配置され、透明部材の検査対象物側の主面上に検査光を集光させる集光手段と、透明部材の検査対象物側の主面と検査対象物の距離をフォトントンネル効果が生じる距離に透明部材を保持する透明部材保持手段と、検査対象物に照射された後の検査光の強度を測定する測定手段とを有するパターン検査装置であることである。

【0011】本発明の特徴によれば、透明部材の検査対象側の主面と検査対象物をフォトントンネル効果が生じる100nm以下の距離に配置して、透明部材の検査対象物側の主面上に検査光を集光させることで、波長が300nm弱の検査光は透明部材の検査対象物側の主面を通過し、且つ実質的に検査対象物上に集光する。この主面を通過する検査光の内、この主面に対して全反射角以上の角度で集光する検査光はエバネッセント光とよばれ、エバネッセント光により検査対象物を観察することができる。検査光の波長を λ 、透明部材の屈折率を n とした場合に、エバネッセント光の波長は λ/n となる。したがって、検査光を用いた通常の光学系による分

解能を d とした場合に、エバネッセント光を用いて検査対象物を観察するときの分解能は、 d/n となる。つまり、パターン検査装置の分解能は、 n 倍に向上されることになる。

【0012】本発明の特徴において、集光手段は、検査光の一部を除去する対物絞りと、対物絞りを通過した検査光を集光する対物レンズとを有することが望ましい。また、透明部材保持手段は、透明部材を支持するカンチレバーと、カンチレバーを3次元方向に独立に移動させる複数のピエゾ素子と、複数のピエゾ素子を制御するプローブ制御ユニットとからなることが望ましい。また、測定手段は、検査対象物からの反射光を導く第1の光学系と、反射光の強度を測定する第1の検出器と、第1の光検出器で測定された反射光の強度を複数の色調からなる光強度データに変換する第1の処理演算部とを有することが望ましい。検査対象物からの反射光を導く第1の光学系は、検査対象物からの反射光の一部を除去する反射光絞りと、反射光絞りを通過した反射光を集光する反射光レンズとからなることが望ましい。あるいは、測定手段は、検査対象物からの透過光を導く第2の光学系と、透過光の強度を測定する第2の検出器と、第1の光検出器で測定された透過光の強度を複数の色調からなる光強度データに変換する第2の処理演算部とを有することが望ましい。検査対象物からの透過光を導く第2の光学系は、検査対象物からの透過光の一部を除去する投影絞りと、投影絞りを通過した透過光を集光する投影レンズとからなることが望ましい。

【0013】また、パターン検査装置は、第1の光検出器までの第1の光学系に配置されたピンホールをさらに有することが望ましい。同様に、パターン検査装置は、第2の光検出器までの第2の光学系に配置されたピンホールをさらに有することが望ましい。ピンホールを配置することにより、共焦点型の光学系を形成することができる。また、透明部材の表面のうち、検査光の光路上にない領域に検査光に対して透明でない第1の遮光膜を配置することが望ましい。透明部材表面の反射などにより生じる迷光と呼ばれる不要な光のかぶりを、ピンホールあるいは第1の遮光膜を配置することで除去することができ、理論通りの解像度を得ることができる。

【0014】また、パターン検査装置は、透明部材と、集光手段と、透明部材保持手段と、測定手段とからなる光学系を2つ以上有することが望ましい。2つ以上の光学系を有することで、1つの検査対象物（マスク）中の異なるダイを同時に観察することができる。2つの検査対象物を同時に観察することができるため、イメージングデータの保存、読み出しなどを行うことなく、パターン検査を行うことができる。したがって、データ処理においてデータにアクセスする時間を削減することができるため、検査時間を短縮することができる。また、2つの検査対象物（マスク）を同時に観察することも可

能である。

【0015】また、集光手段は、透明部材の検査対象物側の主面に集光する総ての検査光を全反射角以上の角度で集光させることが望ましい。この集光手段は、光源と透明部材間の光路上に配置され、全反射角以下の角度で集光する検査光を遮る遮光部を有する絞りからなることが望ましい。あるいは、この集光手段は、光源と透明部材間の光路上に配置され、入射する検査光を分散させる回折格子からなってもよい。全反射角以下の角度で集光する検査光を除去することができるため、分解能の向上に寄与するエバネッセント光のみを用いて検査対象物を観察することができる。

【0016】

【発明の実施の形態】（第1の実施の形態）以下図面を参照して、本発明の実施の形態について説明する。図1は、本発明の第1の実施の形態に係わるパターン検査装置10の構成を示すブロック図である。図1に示すように、第1の実施の形態に係わるパターン検査装置10は、光源11と、光源11から放出される検査光の光路上に配置され、空気よりも高い屈折率を有する透明部材23と、光源11と透明部材23との間の光路上に配置され、透明部材23の検査対象物（例えば、マスクなど）26側の主面49上に検査光を集光させる集光手段と、透明部材23の主面49とマスク26の距離をフォトントンネル効果が生じる距離に保持する透明部材保持手段と、マスク26に照射された後の検査光の強度を測定する測定手段とを少なくとも有する。

【0017】光源11は、放出する光の波長が短いものが望ましく、ここでは波長が266nmの光を放出するYAGレーザ光源を用いる。パターン検査装置10は、光源から放出された光の強度及び偏光度を調節するための偏光板12及び絞り13と、調整された検査光の強度をモニターするためのインテグレータ14をさらに有する。

【0018】集光手段は、光源11から放出された検査光の一部を除去する対物絞り22と、対象物絞り22を通過した検査光を集光する対物レンズ21とを有する。対物絞り22は開口数（NA）により除去する検査光の割合が決まる。集光手段により検査光は、透明部材23のマスク26側の主面49上に集光される。

【0019】透明部材23は、集光手段とマスク26との間の光路上に配置されている。通常、フォトントンネル効果が生じる距離は、100nm以下である。透明部材23のマスク26側の主面49上に集光する検査光の内、透明部材23の主面49に対して全反射角以上の角度で集光した検査光は、フォトントンネル効果により主面49を通過して検査対象物26に照射される。また、透明部材23は、検査光に対して透明であり、板状あるいはレンズ状の形状を有する。さらに、透明部材23の主面49はマスク26に対して平行な平面である。こ

では、透明部材としてSIL（Solid Immersion Lens）23を用いる。

【0020】透明部材保持手段は、SIL23を支持するカンチレバー24と、カンチレバー24を3次元方向に独立に移動させる複数のピエゾ素子25と、複数のピエゾ素子25を制御するプローブ制御ユニット35とからなる。カンチレバー24は複数のピエゾ素子25により、光軸に対して垂直面内のX、Y方向及び光軸（Z）方向に独立に移動することができる。

【0021】マスク26は、ステージ27の上に載置されている。ステージ27はステージ制御ユニット32により、光軸に対して垂直面内のX、Y方向及び光軸

（Z）方向に独立に移動することができる。マスク26上面の光軸方向の位置はフォーカス検出用センサ33によりモニターすることができる。マスク26上面にマスクパターンが形成されている。

【0022】測定手段は、マスク26により反射された検査光（反射光）を測定する手段、あるいはマスク26を透過した検査光（透過光）を測定する手段である。反射光を測定する手段は、マスク26からの反射光の一部を除去する反射光絞り22と、反射光絞りを通過した反射光を集光する反射光レンズと、反射レンズにより集光された反射光の強度を測定する反射光検出器19と、反射光検出器19で測定された反射光の強度を複数の色調からなる光強度データに変換する第1の処理演算部31とからなる。ここでは、反射光絞りは、集光手段を構成する対物絞り22を用いる。同様に、反射レンズは対物レンズ21を用いる。また、透過光を測定する手段は、検査対象物26からの透過光の一部を除去する投影絞り29と、投影絞り29を通過した透過光を集光する投影レンズ28と、投影レンズ28により集光された透過光の強度を測定する透過光検出器30と、透過光検出器30で測定された反射光の強度を複数の色調からなる光強度データに変換する第2の処理演算部36とからなる。反射光検出器19及び透過光検出器30は、フォトマルもしくはTDI（Time Delay Integration）センサであることが望ましく、ここではフォトマル19、30をそれぞれ使用する。第1の処理演算部31及び第2の処理演算部36は、フォトマル19、30に接続されており、マスクパターンの透過光及び反射光の強度を256階調のデータに変換し、ピクセル（画素）毎にメモリもしくはハードディスクに保存する機能を有する。また、第1の処理演算部31及び第2の処理演算部36は、256階調のデータをピクセル毎に再構成することによりマスク26パターンのイメージング像を形成する機能を有する。ここでは、第1の処理演算部31及び第2の処理演算部36として、EWS（エンジニアリングワークステーション）31、36を使用する。また、EWS31、36は、測定された透過光及び反射光の強度から強度プロファイルを計算し、あらかじめ設定した光強度レベル

の情報から、パターンの輪郭を検出する機能を備えている。ここで、検査光の光強度に応じて、測定した透過光及び反射光の強度は補正される。

【0023】図2(a)及び図2(b)は、SIL23とマスク26間の光学系を示す断面図である。マスク26は石英40の上面にクロム39でパターンが形成された、いわゆるクロムマスクである。石英40が露出した部分とクロム39からなる白黒パターンが形成されている。図2(a)に示すように、SIL23のマスク26側の主面49からマスク26上面までの距離が十分離れている場合、SIL23の主面49上に集光する検査光45の内、主面49に対してSIL23の全反射角

(θ)以下の角度で集光する検査光45は、主面49を通過してマスク26に照射される。しかし、主面49に対してSIL23の全反射角(θ)以上の角度で集光する検査光45は、主面49において反射され、主面49を通過することはない。ここで、SIL23の屈折率を n 、SIL23とマスク26の間の媒質を空気(屈折率1)としたとき、SIL23の主面49の全反射角(θ)は、 $\sin \theta = 1/n$ により求められる。

【0024】しかし、図2(b)に示すように、SIL23のマスク26側の主面49からマスク26までの距離が100nm以下まで近づくと、フォトントンネル効果により、主面49に対してSIL23の全反射角

(θ)以上の角度で集光した検査光45も主面49を通過してマスク26に照射される。全反射角(θ)以上の角度で主面49を通過する検査光45をエバネッシェント光41と呼ぶ。ここで、使用する検査光45の波長は266nmであることを考慮すると、主面49とマスク26との距離を100nm以下に近づけることで、主面49上に集光する検査光は、実質的にマスク26上面に集光することになる。フォトントンネル効果が生じる距離は、SIL23、マスク26の材質などにより決まるが、通常100nm以下の距離においてフォトントンネル効果が生じるといわれている。

【0025】次に、図1に示したパターン検査装置10の動作を説明する。検査光は偏光板12及び絞り13を介して強度、偏光度が調整される。調整された検査光は、インテグレータ14により光強度がモニターされている。調整された検査光は、ピンホール20上でいったん集光される。ピンホール20を通過した検査光は集光手段に入射され、集光手段を構成する対物絞り22により強度が調整され、対物レンズ21により検査光は再び集光される。対物レンズ21を通過した検査光は、SIL23の主面49上に集光される。

【0026】SIL23の位置は、カンチレバー24、複数のピエゾ素子25、及びプローブ位置制御ユニット35を用いて制御される。ステージ27の位置は、ステージ制御ユニット32及びフォーカス検出用センサ33を用いて制御される。SIL23とステージ27の位置

制御により、マスク26とSIL23の主面49の距離は70nmに保持するように設定する。具体的には、まず、フォーカス検出用センサ33でステージ27の位置をモニタしながら、マスク26の上面がSIL23の主面49におおよそ近づくようにステージ2を上昇させる。さらに、検査光をSIL23及びマスク26に照射し、その反射光及び透過光の強度をフォトマル19、30でモニタする。そして、あらかじめ設定した強度となるように、ステージ27を上昇させてマスク26とSIL23の距離をさらに縮める。例えば、透過光強度をあらかじめ設定した強度以上、もしくは反射光強度をあらかじめ設定した強度以下になるようにすればよい。こうしてマスク26とSIL23の主面49の距離は70±15nmに保持することができる。

【0027】SIL23の主面49上に集光された検査光は主面49を通過してマスク26に照射される。マスク26からの反射光は、再び対物レンズ21及び対物絞り22を通り、所定の集光系を介してフォトマル19の検出口に結像して反射光の強度が測定される。また、マスク26からの透過光はマスク26の下部に配置された投影レンズ28及び投影絞り29を通り、所定の集光系を介してフォトマル30の検出口に結像して透過光の強度が測定される。ここで、マスク26からの透過像及び反射像は共に100倍に拡大されてフォトマル19、30に投影される。また、フォトマル19、30に結像する反射光及び透過光は、対物絞り22及び投影絞り29によりそれぞれ制限されている。ここでは、対物絞り22、投影絞り29の開口数(NA)を共に0.9に設定した。フォトマル19、30により検出された反射光及び透過光の強度のデータはEWS31、36へそれぞれ出力される。EWS31、36により、マスクパターンの透過光及び反射光の強度は、ピクセル毎に256階調のデータとしてそれぞれ保存される。

【0028】マスクステージ27を、ステージ制御ユニット32に設定された速度でY方向に低速で移動させる。且つ、カンチレバー24をX方向に移動させることにより、マスク26の所定の領域を順次イメージングし、ピクセル毎に光強度のデータを取り込む。そして、EWS31、36を用いてピクセル毎に測定した光強度を256階調のデータとして保存する。ピクセルのサイズはマスク26上で75nmとする。ピクセルのサイズはSIL23の主面49に集光された検査光のスポット径、スキャン速度、データの取り込み時間などに依存する。ここでは、上記のピクセルサイズにしたがって、ピンホール20の径とステージ27及びカンチレバー24の走査速度を決定する。そして、ピクセル毎のデータを再構成することによりマスク26のイメージング像を得られる。ここで、インテグレータ14によってモニタした光源強度に応じて、測定した透過光及び反射光の強度は補正される。また、EWS31、36により、透過光

及び反射光の強度プロファイルを計算され、あらかじめ設定した光強度レベルの情報から、マスク26の石英部分とクロム部分とを決定する光強度のしきい値が設定される。光強度のしきい値を基準にしてイメージング像からマスク26の輪郭を決定する。

【0029】図1に示したパターン検査装置により得られたマスク26のイメージング像の一例を図3に示す。図3(a)はマスク26の設計パターン、図3(b)及び図3(c)は実際のマスク26のパターンをそれぞれ示す。また、図3(d)は図3(b)のマスク26のイメージング像を示し、図3(e)は図3(c)のマスク26のイメージング像を示す。マスク26の中で、耳のように見える部分はセリフと呼ばれる二次元OPCパターンであり、パターンのショートニング、すなわち縦方向長さが短く転写されることを防止するために付与される補助パターンである。図3(a)に示すように、セリフの一辺の長さはマスク上で200~300nmである。図3(b)のマスク26に対して図3(c)のマスク26には、一部のセリフから黒欠陥42が形成されている。黒欠陥42の大きさは0.1 μ m以下である。図3(d)のイメージング像に対して図3(e)のイメージング像には、黒欠陥42の形成された部分のピクセル上に黒欠陥42の痕を観察することができる。図3に示した一例はダイ・ツー・ダイ方式によるパターン検査方法である。異なるダイ間でイメージング像を比較し、あらかじめ設定したしきい値以上の差がある部分を欠陥と認識する。この他にも、EWS31、36を用いてマスク26の設計パターンから画像処理によりイメージング像を算出して、観察されたイメージング像と比較するダイ・ツー・データベース方式によるパターン検査方法も行うことができる。また、メモリデバイスのように同一セルパターンが繰り返して形成されている場合には、同一パターン内のセルパターンを比較するセル比較方式を用いてもよい。

【0030】通常、光学装置の分解能(d)は、検査光の波長 λ と対物鏡り22の開口数(NA)により決定され、分解能(d) = $\lambda / 2 \cdot NA$ で表される。例えば、 λ を266nm、NAを0.9とすると分解能は約150nmである。通常の光学系を有する検査装置、つまりSIL23を有さない従来の検査装置では、上記の分解能となる。しかしながら、エバネシエント光41によりマスク26を観察することにより、分解能は d/n (nはSIL23の屈折率)になる。つまり、SIL23の主面49に d/n の分解能で集光する検査光がフォトントンネル効果により実質的にマスク26に集光されることにより、マスクパターン面も d/n の分解能でイメージングでき、パターン検査装置の分解能は、n倍に向上されることになる。

【0031】したがって、イメージングの際に微細なパターンや欠陥などの箇所を明瞭に認識することができ、

微細な欠陥あるいは微細な二次元OPCパターンに存在する欠陥を検出することが可能となる。すなわち、欠陥検査の精度を向上させることが可能であり、マスクにおいて発見が困難な欠陥も保証をすることが可能となる。ひいては、ウェハ上のパターンに欠陥による線幅変動を無くすることができ、半導体装置の製造における歩留まりを向上できる。

【0032】なお、実施の形態において、ステージ27を定速で移動させ、且つこれと直交する方向にカンチレバー24によりSIL23をスキャンさせて所定の領域をイメージングした。しかし、イメージングの方法はこれに限られるものではない。例えば、ステージ27を移動させずにカンチレバー24をX、Y方向に移動させてもよい。あるいは、カンチレバー24を動かさず、ステージ27をX、Y方向に移動させることにより所定の領域をイメージングするようにしてもよい。

【0033】また、あらかじめマスク26内のパターンが形成された領域の外側に、検査時のフォーカス及び光量を調節するためのマークパターンを形成しておくことが望ましい。検査前にマスク26内3点のマークをあらかじめパターン検査装置10の光学系を用いて観察し、いずれのマークパターンについてもフォーカスがずれないようにすることで、マスク26内のどの部分においてもフォーカスのずれを防ぐことができる。あるいは、ステージ27にマスク26のレベリングを補正する機能を設けておき、これによりいずれのマークパターンについてもフォーカスが合うようにステージ27を調整してもよい。

【0034】また、図6に示すように、SIL23の表面のうち検査光45の光路上にない領域に検査光45に対して透明でない第1の遮光膜46を配置してもよい。また、図1に示すように、フォトマル30の検出口の前にピンホール38を配置して、共焦点型の光学系を形成してもよい。同様に、フォトマル19の検出口の前にピンホール37を配置して、共焦点型の光学系を形成してもよい。レンズ表面の反射などにより生じる迷光と呼ばれる不要な光のかぶりを、第1の遮光膜46あるいはピンホール37、38を配置することで除去することができ、理論通りの解像度を得ることができる。

【0035】また、ピンホール20は円形のものではなく、四角形などの形や四角形の四つのコーナー部分に主開口である四角形より小さな小開口を付加したような形状でもいい。

【0036】さらに、観察領域を低倍で観察するための顕微鏡の光学系を付加してもよい。また、実施の形態ではフォトマスク26のパターン検査について説明したが、フォトマスク26に限定されるものではない。例えば、ウェハ上のレジストパターンや、アルミ配線のパターンなどを本装置を用いて検査することができる。この場合についても、マスクパターン26と同様に分解能の

高いパターン検査が可能である。

【0037】（第1の変形例）実施の形態では、異なるダイ間のイメージング像を比較する場合に、1つの光学系をもちいて、まず、一方のダイのイメージング像を観察し、いったんデータ保存していた。そして、他方のダイのイメージング像を観察し、保存されている一方のイメージング像を読みだして比較していた。つまり、1つの光学系では同時に2つのイメージング像を得ることができないため、観察した一方のイメージング像のデータをいったん保存する必要がある、データ処理に時間を要していた。そこで、第1の変形例では、パターン検査装置を2つ以上の光学系で構成することにより、同時に2つ以上のイメージング像を得ることができるパターン検査装置について説明する。第1の変形例では、光学系を2つにした場合について説明する。

【0038】図4は、第1の変形例に係わるパターン検査装置の構成を示すブロック図である。図4に示すように、第1の変形例に係わるパターン検査装置は、1つの光源11から放出された検査光をプリズム、回折格子などの光分割手段により2つに分割して、2つの図1に示した光学系を用いて、同一マスク26の異なるダイを同時に観察することができるようになっている。つまり、パターン検査装置は、SIL23のマスク26側の主面49上にレンズ23の全反射角以上の角度で検査光を集光させる集光手段と、SIL23と、SIL23のマスク26側の主面49とマスク26の距離をフォトントンネル効果が生じる距離にSIL23を保持する透明部材保持手段と、マスク26に照射された後の検査光の強度を測定する測定手段とからなる光学系を、分割された2つの検査光に対してそれぞれ有している。ここでは、マスク26に照射された後の検査光の強度を測定する測定手段の内、EWS31は2つの光学系が共有している。同様に、EWS36も2つの光学系が共有している。

【0039】第1の変形例によれば、2つの光学系を有することで同一マスクの異なる2つのダイを同時に観察することができるため、イメージング像のデータの保存、読み出しなどを行うことなく、ダイ・ツー・ダイ方式のパターン検査を行うことができる。データ処理においてデータにアクセスする時間を削減することができるため、検査時間を短縮することができる。

【0040】（第2の変形例）SIL23の主面49に対して全反射角以下の角度で入射する検査光は、フォトントンネル効果によらず主面49を通過し、マスク26に照射される。SIL23により n 倍（SIL23の屈折率 n ）に向上される分解能は、SIL23の主面49に対して全反射角以上の角度で集光された検査光がフォトントンネル効果によりSIL23の主面49を通過して、マスク26に照射された場合である。フォトントンネル効果によらずSIL23を通過した検査光では、通常の分解能での観察しかできない。全反射角以下でSIL

L23の主面49に集光する検査光は、 n 倍に向上した分解能でのパターン観察の妨げとなる。したがって、エバネッセント光41のみを用いて観察することが望ましい。第2の変形例では、SIL23の主面49に集光する総ての検査光を全反射角以上の角度で集光させる第1乃至第3の集光手段について説明する。

【0041】図5（a）は、第1の集光手段に係わる絞り44を構造を示す断面図である。図5（a）に示すように、第1の集光手段は、光源11とSIL23間の光路上に配置された全反射角以下の角度で集光する検査光を遮る遮光部48を有する絞り44をさらに有する。通常、全反射角以下の角度で集光する検査光は、検査光のうち中央部分の光である。したがって、遮光部48は光路の中央部分に配置されている。遮光部48に入射する検査光45から、SIL23の主面49に全反射角以上の角度で集光する検査光45a及び検査光45bを形成する。検査光45a、45bを適当な集光レンズを用いて集光させることで、SIL23の主面49に集光する総ての検査光を全反射角以上の角度で集光させることができる。図5（a）に示した絞り44は、図1において、対物絞り22あるいは、絞り13に適用することが望ましい。しかし、これに限られるわけではなく、SIL23に入射する前の光路上に、新たに絞り44を加えても構わない。

【0042】図5（b）は、第2の集光手段に係わる回折格子43の構造を示す断面図である。図5（b）に示すように、第2の集光手段は、光源11とSIL23間の光路上に配置された入射する光を左右同じ角度で分散させる回折格子をさらに有する。回折格子43は、入射する検査光45を左右同一角度で分割して、SIL23の主面49に全反射角以上の角度で集光する検査光45a及び検査光45bを形成する。検査光45a、45bを適当な集光レンズを用いて集光させることで、SIL23の主面49に集光する総ての検査光を全反射角以上の角度で集光させることができる。図5（b）に示した回折格子43は、図1において、対物レンズの前光路上、あるいは絞り13の前後の光路上に配置することが望ましい。しかし、これに限られるわけではなく、SIL23の前の光路上に、適当な集光レンズを組み合わせ回折格子を配置すれば、検査光45a、45bを全反射角以上の角度で集光させることができる。さらに、第1の集光手段に係わる絞り44に比して、入射する検査光45を総て利用して、検査光45a、45bを形成しているので、検査光の利用効率が優れている。

【0043】図6は、第3の集光手段に係わるSIL23の構造を示す断面図である。図6に示すように、SIL23は、入射する検査光45のうちSIL23の主面49に対して全反射角以下の検査光を除去するための第2の遮光膜47をさらに有する。

【0044】第2の変形例によれば、全反射角以下の角

度で集光する検査光を除去することができるため、分解能の向上に寄与するエバネシエント光のみを用いて検査対象物を観察することができる。

【0045】

【発明の効果】以上説明したように本発明によれば、微細なパターンを明瞭に観察することができるパターン検査装置を提供することができる。

【0046】また本発明によれば、欠陥と本来のパターンとを区別することができるパターン検査装置を提供することができる。

【0047】さらに本発明によれば、従来の光学系を用いてパターン分解能のより高いパターン検査が可能パターン検査装置を提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の実施の形態に係わるパターン検査装置の構成を示すブロック図である。

【図2】図2(a)は、SIL23とマスク26間の距離が十分離れている場合の光学系を示す断面図であり、図2(b)は、SIL23とマスク26間の距離がフォトンネル効果が生じる距離に近づいた場合の光学系を示す断面図である。

【図3】図3(a)はマスク26の設計パターン、図3(b)及び図3(c)は実際のマスクパターンをそれぞれ示す。また、図3(d)は図3(b)のマスクパターンのイメージング像を示し、図3(e)は図3(c)のマスクパターンのイメージング像を示す。

【図4】本発明の第1の変形例に係わるパターン検査装置の構成を示すブロック図である。

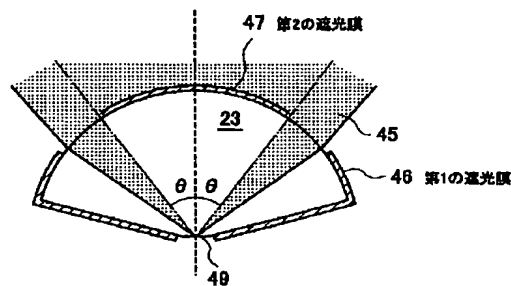
【図5】図5(a)は、本発明の第2の変形例に係わる絞り44の機能を示す断面図であり、図5(b)は、本発明の第2の変形例に係わる回折格子43の機能を示す断面図である。

【図6】本発明の第2の変形例に係わるSIL23の構成、及びSILの表面に配置されたレンズの反射による迷光を遮るための第1の遮光膜を示す断面図である。

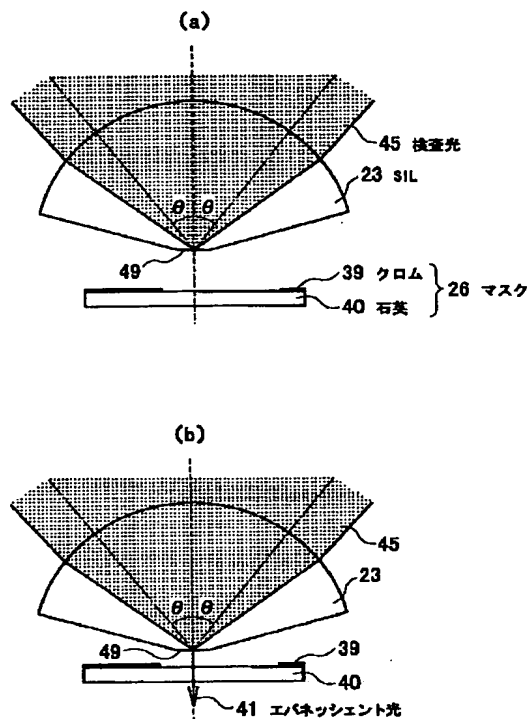
【符号の説明】

- 10 パターン検査装置
- 11 光源
- 12 偏光板
- 13、44 絞り
- 14 インテグレータ
- 19、30 フォトマル（第1及び第2の光検出器）
- 20、37、38 ビンホール
- 21 対物レンズ
- 22 対物絞り
- 23 SIL（透明部材）
- 24 カンチレバー
- 25 ピエゾ素子
- 26 マスク（検査対象物）
- 27 ステージ
- 28 投影レンズ
- 29 投影絞り
- 31、36 EWS（第1及び第2の演算処理部）
- 32 ステージ制御ユニット
- 33 フォーカス検出用センサ
- 35 プロブ制御ユニット
- 41 エバネシエント光
- 42 黒欠陥
- 43 回折格子
- 45、45a、45b 検査光
- 46 第1の遮光膜
- 47 第2の遮光膜
- 49 主面

【図6】

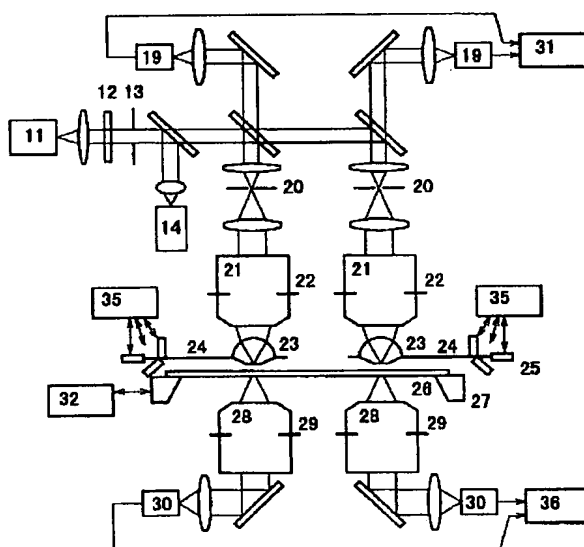


【図2】

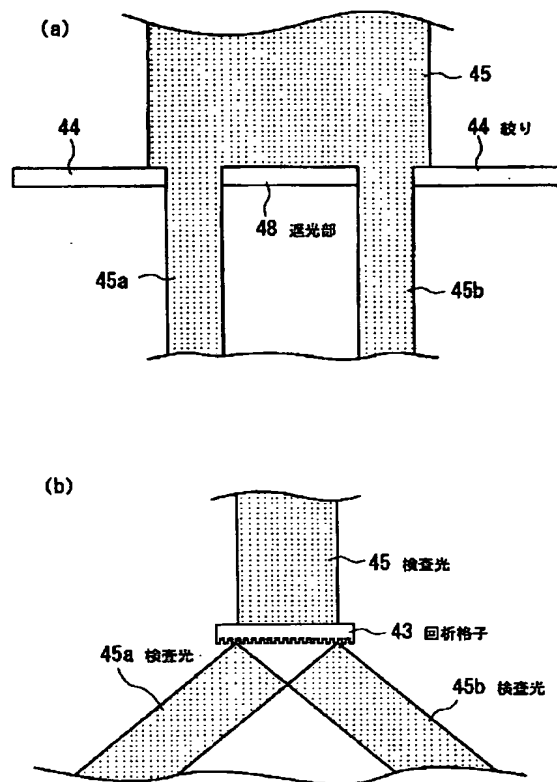


【図 4】

Figure 1 consists of five schematic diagrams labeled (a) through (e), illustrating the manufacturing process of a thin film. The diagrams are arranged in two rows. The top row contains (a), (b), and (c). The bottom row contains (d) and (e). Arrows point from (b) to (d) and from (c) to (e).
 (a) Shows a cross-section of a substrate with a Cr layer (39) and a SiO₂ layer (40). The Cr layer (39) is labeled with a thickness of 200~300 nm. The SiO₂ layer (40) is labeled as 石英 (quartz).
 (b) Shows the Cr layer (39) being etched, leaving a gap.
 (c) Shows the SiO₂ layer (40) being etched, leaving a gap.
 (d) Shows the final state where the Cr layer (39) and SiO₂ layer (40) are removed, leaving a gap.
 (e) Shows the final state where the Cr layer (39) and SiO₂ layer (40) are removed, leaving a gap. The label 42 黒欠陥 (black defect) is present near the gap.



【図5】



フロントページの続き

Fターム(参考) 2F065 AA49 BB02 CC18 CC19 DD03
 DD06 DD12 FF01 FF04 GG04
 GG22 JJ05 JJ07 JJ17 LL00
 LL04 LL10 LL30 LL33 LL42
 MM07 PP04 PP12 QQ24 UU01
 UU02 UU03
 2G051 AA51 AA56 BA05 BA10 BB20
 CA02 CA07 CB01 CB02 CC07
 DA07 EA11 EB01
 4M106 AA01 AA09 BA04 BA05 CA39
 DB02 DB04 DB08 DB11 DB12
 DB30 DJ04 DJ05 DJ11 DJ19
 DJ21

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

☐ BLACK BORDERS

☒ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES

☐ FADED TEXT OR DRAWING

☐ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING

☐ SKEWED/SLANTED IMAGES

☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS

☐ GRAY SCALE DOCUMENTS

☐ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT

☒ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY

☐ OTHER: _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.